

PCT/EP 99/08683

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

#5
1019
Mann

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

EP 03/8683



REC'D	21 JAN 2000
WIPO	PCT

Bescheinigung

Herr Dipl.-Ing. Jörg Bobzin in Kiel/Deutschland hat eine Patentanmeldung
unter der Bezeichnung

"Elektrische Maschine"

am 16. November 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüngli-
chen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol
H 02 K 21/24 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 10. Dezember 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Zeichen: 198 52 650.4



M 2 5 1 0 9 9

Elektrische Maschine

Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrische Maschine, die sowohl als Motor als auch als Generator betreibbar ist. Sie ist die Grundvariante eines neuen Maschinentyps, der in vielfältiger Weise ausgeführt sein kann. Außerdem sind einige vorteilhafte Weiterbildungen vorgestellt.

Allen sich bewegenden elektrischen Maschinen ist gemeinsam, daß es ein magnetisches Feld gibt, das mit elektrischen Leitern verknüpft ist und sich zu ihnen relativ bewegt. Die grundlegenden Untersuchungen hierzu machte Michael Faraday. Aus ihnen sind Idealbedingungen hervorgegangen zur idealen Energieumsetzung, bei denen diese ein Maximum hat. Später wurden diese praktischen Untersuchungen in die mathematische Form des allgemeinen Induktionsgesetzes gebracht. Die vorliegende Erfindung baut auf die frühen praktischen Untersuchungen und denen aus ihnen hervorgegangenen Idealbedingungen auf. Diese Idealbedingungen bestehen bekanntlich darin, daß der freie Leiter sich relativ zum magnetischen Feld bewegt und daß bei dieser Relativbewegung der Leiter rechtwinklig vom Feld durchdrungen wird und das Feld und der Leiter dabei rechtwinklig zur Bewegungsrichtung verlaufen.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß in den nachfolgenden Entwicklungsjahren bis heute verschiedene elektrische Maschinen hervorgegangen sind, die jedoch diesen Idealbedingungen kaum Beachtung schenken und bis heute keine Maschine diese Idealbedingungen umsetzt. Die meisten elektrischen Maschinen erfüllen die Idealbedingungen, daß sich der Leiter frei und relativ zum Feld bewegt, also ohne Kontakt zum ferromagnetischem Material ist, nicht.

So sind bei dem größten Teil der bekannten elektrischen Maschinen die Spulen in Eisennuten eingelegt. Der physikalische Vorgang der Energieumsetzung ist bei genutzten Maschinen grundsätzlich ein anderer als bei Luftspulenmaschinen, da die Spulen nur sekundär über das Eisen mit dem Magnetfeld verknüpft sind, d.h. das Magnetfeld ist mit Hilfe von Eisen durch die Spule geführt,

nicht wie bei Luftspulenmaschinen, bei denen die Leiter direkt (primär) vom Magnetfeld durchdrungen sind. Dieser Umweg verursacht hohe Eisenverluste und kann nur durch hohen Aufwand an lammellierten Kernen gemindert werden. Dazu kommen Reluktanzmomente, die zu Gleichlaufschwankungen führen und sich nachteilig auf das Anlaufverhalten auswirken.

Diese Maschinen haben eine große Masse und eine geringe Dynamik. Ihre nichtlineare Kennlinie im hohen Drehzahlbereich erhöht den Regelaufwand erheblich. Die Länge der polverbindenden Leiter (die Wickelköpfe) liegen in Bewegungsrichtung und noch dazu meistens außerhalb des Feldes, wo sie keinen unmittelbaren Beitrag zur Energieumsetzung leisten. Dies alles vermindert den Wirkungsgrad, erhöht den Herstellungsaufwand und mindert den Einsatzbereich. Für dynamische Antriebe sind diese Maschinen ungeeignet und als Antriebsmotoren für kleine und mittlere Leistungen ein Kompromiß, mit zumeist niedrigem Wirkungsgrad und hohem Gewicht. Als Generator wirken sich bei diesen Maschinen besonders der niedrige Wirkungsgrad und die Spannungsbegrenzung bei hohen Drehzahlen aufgrund der nichtlinearen Kennlinie besonders nachteilig aus. Dazu kommen das schlechte Anlauf- und Leerlaufverhalten aufgrund der Reluktanzmomente. Dies wirkt sich besonders bei kleinen Windgeneratoren und kleinen Lichtmaschinen (z.B. Fahrraddynamos) sehr nachteilig aus. Bei genutzten Maschinen ist der Anteil der Leiter, die nicht ideal im Feld liegen, sehr groß, so daß dadurch auch hohe Verluste entstehen.

Neben den Eisenverlusten sind die Wickelkopfverluste innerhalb einer Spule ein Problem. Sie verursachen einen erhöhten ohmschen und induktiven Widerstand, was zu Wärmeproblemen und zur Verlangsamung der Motoren durch Erhöhung der Regelkonstanten führt und letztendlich den Wirkungsgrad herabsetzt.

Die Ursache für die Wickelkopfverluste ist im Technischen darin zu sehen, daß die Spulenweite, d.h. die Ausdehnung (Winkel oder Strecke) der Spule in Bewegungsrichtung, unmittelbar mit der Größe des Wickelkopfanteils der Spule gekoppelt ist, da die Spulenweite wiederum die Polweite, d. h. die Ausdehnung (Winkel oder Strecke) der magnetischen Pole in Bewegungsrichtung bes-

11.21.12.99

timmt, und damit auch die Polgrößen. Dies führt entweder dazu, will man große, leistungsfähige Pole benutzen, daß die Kupferverluste innerhalb der Spule steigen, oder dazu, will man Kupferverluste vermeiden, daß kleinere Polweiten und damit kleinere, leistungsschwache Pole verwendet werden müssen. Kleine Pole führen zu leistungsschwachen Maschinen, zu erhöhten Wirbelstromverlusten in der Wicklung durch die hohe Anzahl der Pole bzw. Polübergänge und zu erhöhtem Kommutierungsaufwand bei Gleichstrommaschinen. Diese Kopplung ist bei der vorliegenden Erfindung weitgehend aufgehoben.

Aufgrund des Umweltschutzgedankens ist die Nachfrage nach hochwirksamen, batteriegetriebenen elektrischen Antrieben in den letzten Jahren sehr gestiegen. So wurde ein modifizierter, aber im Prinzip genuteter Motor als Lynchmotor in EP 0 230 759 schon als wirksamerer Antrieb in den letzten Jahren bekannt. Bei diesem Motor hat man schon einen Schritt in die richtige Richtung getan, indem man die axial zu sehenden Flächen des ferromagnetischen Materials zwischen den Leitern, die den Magneten gegenüberliegen, verkleinerte. Dieser Motor stellt zwar schon eine Verbesserung zu konventionell genuteten Motoren dar, aber für ihn gelten die zuvor beschriebenen gleichen Nachteile nur in etwas abgeschwächter Form.

Desweiteren sind eisenhinterlegte Luftspulenmaschinen, die also keine Nuten aufweisen, bekannt, bei denen so der negative Einfluß des Eisens schon etwas gemindert ist, indem die Reluktanzmomente, die durch Nuten entstehen, wegfallen. Dadurch können die Spulen dichter zusammengelegt und die Maschinenfläche besser genutzt werden. So sind Scheibenläufermotoren, wie z.B. in "Feinwerkmechanik & Meßtechnik" 92 (1984) 7 S. 343 beschrieben, bekannt geworden, die elektronisch kommutiert sind und segmentförmige Spulen aufweisen. Auch hier wird das Magnetfeld noch immer relativ zu Eisen bewegt, so daß hohe Eisenverluste entstehen. Daneben sind noch andere Verluste zu verzeichnen, die daher rühren, daß der größte Teil der Leiter innerhalb einer

Spule nicht ideal zur Bewegungsrichtung liegt. Auch die Kupferverluste sind innerhalb einer Spule unmittelbar mit der Spulenweite verknüpft. Die Polweite ist damit zwangsläufig begrenzt, was die Polzahl erhöht und damit wiederum hier den elektronischen Kommutierungsaufwand steigen läßt sowie die Wirbelstromverluste in den Kupferleitungen aufgrund der vielen Polübergänge.

Ein anderer Motor mit einer eisenhinterlegten Luftspule ist in der AS 26 50 510 bekannt geworden. Das Augenmerk wird hier auf die maximale Spulenfläche im Feld gelegt, und auch ein Teil der Idealbedingungen ist umgesetzt. Die grundlegende Bedingung, daß sich der Leiter frei im Feld bewegen sollte, wurde hier aber nicht eingehalten. So bringen die eisenhinterlegten Luftspulen auch hier die oben beschriebenen Nachteile mit sich.

Weiter sind Maschinen bekannt, deren Spulen frei im Feld liegen. So ist z.B. in "permanenterregte Gleichstrommotoren", J. Koch, K. Ruschmeyer, Valvo 1986, S. 92-95 ein Direktantriebsystem für Plattenspieler in Form eines elektronisch kommutierten Scheibenläufermotors mit segmentförmigen Spulen beschrieben. Der Nachteil ist hier, daß bei dieser Art der Spulengestaltung im Feld ca. 50% der Leiter nicht direkt für die Energieumsetzung genutzt werden können und auch die Größe der Wickelköpfe unmittelbar mit der Spulenweite bzw. Polweite verknüpft ist.

Eine andere Spule einer elektrischen Maschine, die teilweise frei im Feld liegt, ist in DE OS 29 43 529 bekannt geworden. Hier hat man ganz auf einen Luftspalt verzichtet und bewegt die Magnete frei über einer Spule, wobei der weitaus größte Teil der Leiter nicht rechtwinklig zur Bewegungsrichtung liegt und das Feld aufgrund des fehlenden, den Magneten gegenüberliegenden Rückschlusses sehr streut und somit auch nicht rechtwinklig den Leiter durchdringt.

11 21 12 99
- 5 -

Eine noch ungünstigere Maschinenauslegung ist in EP 0 162 150 beschrieben. Hier verwendet man eine sehr breite Durchmesserwicklung um eine diametral magnetisierte Magnetscheibe. Nur sehr geringe Teile der den Stirnseiten der Scheibe gegenüberliegenden Leiterteile werden genutzt. Auch hier gibt es keinen den Magneten gegenüberliegenden Rückschluß, so daß die wenigen genutzten Leiter weder rechtwinklig zum Feld noch zur Bewegungsrichtung liegen.

Seit der Entwicklung von Hochenergiemagneten ist es möglich, mit vertretbarem Aufwand große Luftspalte mit einem starken Feld auszustatten. Dies bildet die Grundlage dafür, sich konstruktiv wieder den Idealbedingungen anzunähern. Diese Entwicklung ist zu beobachten durch die Erfindung der Scheibenläufermotoren mit Luftspulen, die immer größere Bedeutung gewinnen, da sie im Allgemeinen bessere Eigenschaften und hohe Wirkungsgrade gegenüber genutzten Maschinen aufweisen. Auch im Generatorsektor haben in den letzten Jahren Scheibenmaschinen mit Luftspulen auf Grund der hohen Wirkungsgrade und dem guten Anlaufverhalten Einzug gehalten. Doch sind die herkömmlichen Spulenformen, die an sich für genutzte Maschinen entwickelt wurden, höchst unwirtschaftlich.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine elektrische Maschine mit erhöhtem Wirkungsgrad zu schaffen, die eine Spule bzw. Wicklung besitzt, die frei im Feld liegt, bei der die Leiter im Feld im wesentlichen rechtwinklig vom Feld durchdrungen werden und das Feld im wesentlichen rechtwinklig zur Bewegungsrichtung liegt, wobei die Leiter im wesentlichen rechtwinklig zur Bewegungsrichtung liegen, wobei der Anteil der Leiter, die das erfüllen, innerhalb einer Spule sehr groß ist, so daß der Wickelkopfanteil bzw. die Kupferverluste minimiert werden und die Kupferverluste innerhalb einer Spule möglichst unabhängig werden von der Spulenweite bzw. der Polweite, und/oder die Wickelkopfanteile an Stellen innerhalb der Maschine gelegt werden können, wo sie konstruktiv, fertigungstechnisch und von der

M 21.12.99
- 6 -

Energiebilanz am wenigsten Nachteile bringen. Die Maschine soll eine sehr geringe Induktivität und einen sehr geringen ohmschen Innenwiderstand und damit eine kleine Regelkonstante besitzen. Weiterhin soll sie eine lineare Spannungs-/Drehzahlkennlinie haben, sowie geringe Leerlaufverluste als Generator und einen minimalen Anlaufwiderstand. Darüberhinaus soll die Maschine einen einfachen Aufbau haben, kompakt sein, einfach zu fertigen und leicht sein, und ein gutes Preis/Leistungsverhältnis sowie einen geringen Durchmesser haben.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt mit einer elektrischen Maschine mit den Merkmalen des Patentanspruches 1.

Die erfindungsgemäße elektrische Maschine hat eine Welle oder Achse, auf der koaxial und voneinander beabstandet mindestens drei scheibenförmige Körper jeweils als Scheibe oder Scheiberring angeordnet sind, wobei diese vorwiegend aus ferromagnetischem Material oder aus magnetischen Polen und ferromagnetischem Material oder aus magnetischen Polen bestehen, wobei jeweils ein 1. scheibenförmiger Körper zu einem 2. scheibenförmigen Körper benachbart angeordnet ist, und wobei mindestens eine der einander zugewandten Seiten des 1. und 2. scheibenförmigen Körpers mit magnetischen Polen mit axialer Magnetisierungsrichtung versehen ist, deren Pole in Umfangsrichtung wechseln, und ein Gehäuse, welches die scheibenförmigen Körper umgibt, wobei an dem Gehäuse oder an der Achse mindestens eine Spule oder Wicklung befestigt ist, deren Leiter sich auf den beiden Seiten des 1. scheibenförmigen Körpers in Richtung der Welle oder Achse gesehen allgemein V-förmig erstrecken, wobei die Leiter um die äußere Kante des 1. scheibenförmigen Körpers herumgebogen oder gefaltet sind, im Feldbereich gleichmäßig beabstandet von dem 1. scheibenförmigen Körper und dem 2. scheibenförmigen Körper verlaufen, wobei die 1. und 2. scheibenförmigen Körper gleichförmig miteinander und relativ zu der mindestens einen Spule oder Wicklung drehbar sind.

1 21 12 99
- 7 -

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen 2 bis 17 beschrieben.

Wesentlich für die erfindungsgemäße elektrischen Maschine sind mindestens drei fest miteinander verbundene scheibenförmige Körper, die zwischen sich zwei Luftspalte bilden, in denen sie ein Feld bewirken und in denen eine Spule oder Wicklung so verläuft, daß sie um den 1. scheibenförmigen Körper herumgebogen ist und jeweils eine Spule oder ein Wicklungsteil in jeden Luftspalt ragt. Die drei scheibenförmigen Körper rotieren relativ zur Spule bzw. Wicklung um eine gemeinsame Achse und sind in Achsnähe miteinander verbunden. Die Spulen verlaufen axial gesehen allgemein V-förmig in Richtung Achse. Bei den Weiterbildungen ist angegeben, wie weitere einzelne Teile vorteilhaft ausgeführt sind. Grundsätzlich kann bei allen Weiterbildungen das Feld oder die Spule bzw. Wicklung rotieren. Dabei kann die Feldeinrichtung mit der Achse bzw. Welle fest verbunden oder auf ihr gelagert sein. Das gleiche gilt auch für die Spule. Im Folgenden wird unterschieden zwischen innerer und äußere Feldeinrichtung, wobei mit innerer Feldeinrichtung der 1. scheibenförmige Körper gemeint ist und zur äußeren Feldeinrichtung der 2. scheibenförmige Körper und der ringförmige Träger inkl. der an ihm angebrachten magnetischen Pole gehören.

Eine vorteilhaftete Weiterbildung ist, daß der 1. scheibenförmige Körper eine Rückschlußscheibe und der 2. scheibenförmige Körper eine sektorenförmig magnetisierte permanenterregte Scheibe mit einer hinterlegten Rückschlußscheibe ist.

Eine andere Weiterbildung ist, daß der 1. scheibenförmige Körper aus einer Rückschlußscheibe, die ein- oder beidseitig Permanentmagnete trägt, besteht. So können der 1. und/oder der 2. scheibenförmige Körper magnetische Pole beinhalten.

Bei einer Weiterbildung der Spule bzw. Wicklung erstrecken sich die Schenkel der V-Form im Wesentlichen in radialer Richtung.

Bei einer anderen Weiterbildung wird die Spule im gebogenen Umfangsbereich ebenfalls für die Energieumsetzung genutzt, indem sie auch dort gewinnbringend vom Feld durchdrungen wird. Dies wird erreicht, indem axial gesehen ringförmige, mit einem Rückschluß hinterlegte Pole im Umfangsbereich der Spule angebracht sind, die fest mit mindestens einem 2. scheibenförmigen Körper verbunden sind. Der diesen ringförmigen Polen radial gegenüberliegende 1. scheibenförmige Körper ist in diesem Bereich großflächig und abgerundet ausgeführt, um eine gleichmäßige Feldverteilung zu gewährleisten. Dies geschieht, je nachdem wie der 1. scheibenförmige Körper ausgeführt ist, im radialen Schnitt gesehen als I, T oder L-förmig, wobei die Ecken abgerundet sind. Eine spezielle Ausführungsform ist dabei, wenn die beiden 2. scheibenförmigen Körper mit dem ringförmigen Körper im Umfangsbereich fest verbunden sind, so daß im Umfangsbereich der Spule ein durchgehender Luftspalt entsteht. Dabei ist ein 2. scheibenförmiger Körper als Scheibenring ausgeführt, so daß im achsnahen Bereich die Spulenhalterung nach außen geführt ist.

Bei einer anderen Weiterbildung sind die 2. scheibenförmigen Körper im Umfangsbereich entsprechend dem Spulenverlauf gebogen, um hier den Luftspalt zu minimieren und einen optimalen Feldverlauf zu erreichen und um den Faltbereich der Spule ganz oder teilweise zu nutzen.

Bei einer Nutzung der Spule im Umfangsbereich ist es vorteilhaft, die Spulenhalterung axial aus dem Scheibenbereich zu führen. Eine Spulenhalterung in Achsnähe ermöglicht eine mehr als 90%ige Nutzung der Spule für die Energieumsetzung.

Bei einer anderen Weiterbildung werden zwei Maschinen mit jeweils drei scheibenförmigen Körpern zu insgesamt fünf scheibenförmigen Körpern zu einer Maschine zusammengefaßt, wobei der mittlere scheibenförmige Körper beiden Wicklungen der Ursprungsmaschine dient. Bei einer Ausführung ist der mittlere scheibenförmige Körper eine Rückschlußscheibe, auf der beidseitig magne-

M 21 12 99

tische Pole angebracht sind. Bei einer anderen Ausführung ist der mittlere scheibenförmige Körper eine Permanentmagnetscheibe, die sektorenförmig axial magnetisiert ist.

Bei einer weiteren Weiterbildung sind die 1. und 2. scheibenförmigen Körper jeweils als Scheibenring ausgeführt, die in dem der Achse am nächsten liegenden Bereich untereinander fest verbunden sind und von da aus über eine Scheibe mit der Achse oder Welle verbunden sind. Bei dieser Ausführung nutzt man vor allem die hohen Umfangsgeschwindigkeiten.

Es ist vorteilhaft, permanenterregte magnetische Pole zu benutzen, da so der Wirkungsgrad der Maschine erheblich größer ist. Dabei sind Hochenergiemagneten einzusetzen. Eine vorteilhafte Ausführungsform der Magnete ist die sektorenförmige Form, die entweder dicht nebeneinander liegend ganzflächig in Scheiben magnetisiert sind oder einzeln dicht nebeneinander liegend die Scheibenfläche mit Ausnahme des Axialbereichs voll abdecken.

Bei einer Weiterbildung sind die Magnetsegmente axial gesehen deckungsgleich mit den V-förmigen Spulen, die in den benachbarten Luftspalten ebenfalls deckungsgleich verlaufen.

Bei einer anderen Weiterbildung ist die Spulenweite größer als die Polweite. Hier wird die Maschine als Motor mit mehrsträngiger Wicklung verwendet. Bei einer Ausführung wird der Motor elektrisch kommutiert, so daß in die Wicklung noch Sensoren (z. B. kapazitiv, induktiv oder optisch arbeitend) eingebracht sind. Sie dienen zum Messen von Signalen, die auf z. B. die Rotorstellung, Drehzahl und Drehrichtung schließen lassen. Diese werden dann elektronisch ausgewertet, um Stellsignale zu erzeugen.

Bei einer anderen Weiterbildung sind die Spulen im Axialbereich zueinander in Bewegungsrichtung verdreht mehrfach überlappt und im Feldbereich zweischichtig angeordnet. Die Spulen sind mit einem Kommutator verbunden. In einer anderen Ausführungsform

werden sie direkt auf der Wicklung kommutiert. Diese Weiterbildung ist hervorragend als Servomotor für schnelle Stellaufgaben geeignet.

Bei einer anderen Weiterbildung sind die Spulen im Axialbereich überlappend, aber im Feldbereich einschichtig ausgeführt.

Bei einer anderen Weiterbildung wird eine Wellenwicklung verwendet, die etwa über den halben l. scheibenförmigen Körper verläuft und nahe des Scheibendurchmessers neben der Welle oder Achse verlaufend mit dem Ausgangspunkt der Wicklung verbunden ist. Eine Maschine mit dieser Wicklung hat den Vorteil, daß sich zwei der beschriebenen Halbschalenwicklungen einfach bei der Montage über den l. scheibenförmigen Körper zu einer Gesamtwicklung zusammenfügen lassen.

Bei einer anderen Weiterbildung erstreckt sich die V-förmige Spule nahezu über den gesamten Durchmesser des l. scheibenförmigen Körpers an der Achse oder Welle vorbei. Ein Spezialfall ist, wenn die Achse oder Welle einseitig ausgeführt oder gelagert ist, so daß die Spule in dem scheibenförmigen Luftspalt, wo keine Achse oder Welle vorhanden ist, über den Durchmesser verläuft.

Grundsätzlich sind die Verwendung verschiedener aufgeführter Weiterbildungen von Magnetformen und deren Zuordnung zueinander möglich. Für Spulen oder Wicklungen, deren Schenkel der V-Form radial verlaufen, sind die kreissegmentförmigen Magnete am effektivsten, die dicht nebeneinander liegend die gesamte Luftspaltfläche ausnutzen.

Die erfindungsgemäße Maschine ist deshalb als Fahrzeugantriebsmotor (z.B. Auto, Motorboot, Flugzeug) sehr geeignet, weil sie einen hohen Wirkungsgrad, geringe rotatorische und translatorische Masse, ein hohes Drehmoment sowie ein großes Anlauf-, Beschleunigungs- und Bremsdrehmoment hat. Sie ist eine sehr kom-

M 21 12 99
- 11 -

pakte und schmale Maschine, die einfach regelbar ist aufgrund der linearen Kennlinie und der geringen Zeitkonstanten.

Die erfindungsgemäße Maschine ist deshalb als Stell- bzw. Servomotor sehr gut geeignet. Auf Grund der guten Kupfernote ist die Läufermasse als Spulenläufer äußerst gering und die Induktivität und der Widerstand der Spule bzw. Wicklung sind sehr klein. Beides sind ideale Voraussetzungen für Stellvorgänge mit höchster Beschleunigung. Auch hier ist die lineare Kennlinie und die kleine Regelkonstante von größter Bedeutung. Dies garantiert kürzeste Produktionszeiten in der Automatisierungstechnik. Auch als Motor, bei dem geringste Gleichlaufschwankungen gefordert sind, wie bei Diskettenlaufwerken, Videorekordern oder Tonbandgeräten ist die erfindungsgemäße Maschine ideal einsetzbar.

Desweiteren ist die erfindungsgemäße Maschine ein hervorragender Generator. Die lineare Spannungs-/Drehzahlkennlinie ist auch hier von großem Wert, da die Spannung unbegrenzt proportional mit der Drehzahl steigen kann und nicht wie bei genutzten Maschinen einen nichtlinearen Verlauf hat. Die erfindungsgemäße Maschine hat einen sehr geringen Innenwiderstand, da das Kupfer so gut ausgenutzt wird. So ist eine große Leistungsentnahme aus dem Generator möglich, was sich andererseits im großen Wirkungsgrad ausdrückt. Der erfindungsgemäße Generator hat keine Leerlaufverluste z.B. durch Reluktanzmomente oder Eisenverluste und eignet sich deshalb ideal als Nabendynamo beim Fahrrad oder bei vergleichbaren Anwendungen, bei denen die Maschine immer mitlaufen kann, auch wenn keine Leistung entnommen wird. So ist der Nabendynamo bei Bedarf elektrisch abschaltbar. Obwohl der Dynamo mechanisch immer mitläuft, benötigt er dafür nur die Leistung, die in den Lagern als Verluste und als Wirbelstromverluste in der Wicklung auftreten. Hierbei ist auch die kompakte Bauart sehr von Nutzen, wie auch bei dem Einsatz als Kleinwindgenerator, bei dem die geringen Leerlaufverluste das so wichtige schnelle Anlaufen garantieren.

Die erfindungsgemäße Maschine ist ideal für eine leistungsstärkere Fahrzeuglichtmaschine geeignet. Das bestehende Prinzip der Klauenpolmaschine ist von der Leistungsfähigkeit ausgeschöpft. Es ist eine leistungsfähigere Lichtmaschine gefragt, die die erhöhten Anforderungen der Fahrzeuge erfüllt. Dies ist bei der erfindungsgemäßen Maschine der Fall, da sie geringste Leerlaufverluste besitzt, da keine Eisenverluste vorhanden sind, und da die Polzahl aufgrund der zulässigen großen Spulenweite gering ist, sind auch die Wirbelstromverluste im Kupfer geringer. Sie läßt sich aufgrund der geringen Induktivität, des kleinen Widerstandes und der linearen Kennlinie ideal regeln und hat zudem noch eine geringe translatorische und rotatorische Masse und sehr kompakte Bauform, mit der die erforderlichen großen Leistungen erreicht werden. Der geringe Innenwiderstand ermöglicht eine große Leistungsentnahme. Der Wirkungsgrad ist ideal und bedeutend höher als bei der herkömmlichen Klauenpolmaschine.

Ausgestaltungen der Erfindung werden nachfolgend anhand einer Zeichnung beschrieben. Sie zeigt in

- Fig.1 einen Querschnitt durch eine 1. Weiterbildung, in
- Fig.2 einen Schnitt entlang der Linie I-I in Fig.1, in
- Fig.3 einen schematischen Querschnitt durch eine 2. Weiterbildung, in
- Fig.4 einen schematischen Querschnitt durch eine 3. Weiterbildung, in
- Fig.5 einen schematischen Querschnitt durch eine 4. Weiterbildung, in
- Fig.6 einen schematischen Querschnitt durch eine 5. Weiterbildung, in
- Fig.7 einen schematischen Querschnitt durch eine 6. Weiterbildung, in
- Fig.8 einen schematischen Querschnitt durch eine 7. Weiterbildung, in
- Fig.9 einen Schnitt entlang der Linie II-II in Fig.8, in

11.11.99

Fig.10 eine Draufsicht auf eine Scheibe mit davor liegender Spule in einer anderen Weiterbildung, in
 Fig.11 eine perspektivische Ansicht einer Scheibe mit Spule in einer anderen Weiterbildung, in
 Fig.12 einen Querschnitt durch eine 8. Weiterbildung, in
 Fig.13 einen Schnitt entlang der Linie III-III in Fig 12, in
 Fig.14 eine Draufsicht auf eine Scheibe mit Spule in einer noch anderen Weiterbildung, in
 Fig.15 einen Schnitt entlang der Linie IV-IV in Fig.14, in
 Fig.16 eine Draufsicht auf eine Scheibe mit verschiedenen Magnetformen, in
 Fig.17 einen schematischen Querschnitt durch eine 9. Weiterbildung, in
 Fig.18 einen schematischen Querschnitt durch eine 10. Weiterbildung, in
 Fig.19 einen schematischen Querschnitt durch eine 11. Weiterbildung, in
 Fig.20 einen schematischen Querschnitt durch eine 12. Weiterbildung, in
 Fig.21 einen schematischen Querschnitt durch eine 13. Weiterbildung, in
 Fig.22 einen schematischen Querschnitt durch eine 14. Weiterbildung, in
 Fig.23 eine Draufsicht auf einen Scheibenring mit Spule gemäß Fig.21, in
 Fig.24 bis 26 vergrößerte Einzelheiten im Bereich des Scheibenrandes.

Gleiche Bauteile haben in allen Figuren gleiche Bezugszahlen.

In den Figuren sind verschiedene Weiterbildungen des Aufbaus der Feldanordnung und der Spule bzw. der Wicklung und deren Bezug zueinander dargestellt. Wie die Rotation zwischen Spule und Feldanordnung letztlich konstruktiv ausgeführt wird, d. h. ob es ein Spulenläufer oder ein Magnetläufer ist oder die Welle mit

14 25 12 99

der Spule oder der Feldeinrichtung verbunden ist hängt vom Anwendungsfall ab.

Fig.1 zeigt eine elektrische Maschine im Axialschnitt. Ein 1. scheibenförmiger Körper 6 bildet eine Rückschlußscheibe gleichmäßiger Dicke. Ein 2. scheibenförmiger Körper 7 besteht aus zwei Scheiben, einer Magnetscheibe, die mit einer Rückschlußscheibe hinterlegt ist. Die scheibenförmigen Körper sind fest mit einer gelagerten Welle 1 verbunden und bewegen sich gleichförmig relativ zum Gehäuse 2 und damit verbundenen Spulen 3. Die Spulen 3 sind bei 20 um eine Kante 10 des 1. scheibenförmigen Körpers 6 herumgefaltet, wobei die V-förmigen Spulenteile im jeweiligen Luftspalt 4 zwischen 1. und 2. scheibenförmigen Körper bis in Achsnähe verlaufen. Die Spulen sind im umgebogenen Bereich 20 radial mit dem Gehäuse 2 verbunden.

Fig.2 zeigt die elektrische Maschine von Fig.1 im Radialschnitt. Magnetische Pole 27 sind als Permanentmagnete in Kreissegmentform ausgeführt, die alternierend dicht nebeneinander liegend auf der Rückschlußkreisfläche verteilt sind und zum scheibenförmigen Körper 7 gehören. Eine Spulenweite 14 entspricht hier der Polweite 12. Die Spulen sind segmentförmig, dicht aneinanderliegend, zwischen ihnen den Radius einschließend und den Magnetsegmenten gegenüberliegend angeordnet. Entsprechend dem Schnitt sind hier im oberen Halbkreis der Abbildung die Spulen mit der mittleren Scheibe 6 sichtbar und im unteren Halbkreis die Lage der Magnete 27 des scheibenförmigen Körpers 7.

Fig.3 zeigt eine elektrische Maschine im Axialschnitt. Die Besonderheit dieser Maschine ist, daß die Leiter bei 20 im Faltbereich 18 auch vom Feld durchdrungen werden. Dazu ist die Feldeinrichtung axial gesehen ringförmig um den Umfang der Spule 3 herumgezogen und die luftspaltbegrenzende Innenfläche wird durch axial ausgerichtete Permanentmagnete 27 gebildet. Die Außenkante 10 des 1. scheibenförmigen Körpers ist im Axialschnitt halbkreisförmig. Eine Spulenhalterung 21 ist axial ausgeführt und im

11.12.99

Umfangsbereich mit der Spule 3 verbunden. Dies ermöglicht eine große Kupferausnutzung.

Fig.4 zeigt eine Abwandlung der elektrischen Maschine aus Fig.3. Die Besonderheit besteht hier darin, daß im scheibenförmigen Luftspaltbereich die magnetischen Pole zum 1. scheibenförmigen Körper gehören und daß gleichzeitig der Umfangsbereich der Spule genutzt wird. Um das zu ermöglichen, ist die Rückschlußscheibe des 1. scheibenförmigen Körpers 6 in ihrem Umfangsbereich mit einem, im Schnitt gesehen schmalen Rückschlußring fest verbunden, dessen axiale Breite der mittleren Feldeinrichtung entspricht und die mittig mit dem Außenrand der mittleren Rückschlußscheibe verbunden ist, ohne die Stirnseiten der Permanentmagnete magnetisch kurzzuschließen. Der Umfangsbereich dieses Rückschlußrings ist zum Luftspalt hin an den Außenkanten abgerundet. Gegenüberliegend zu ihm liegt wie in Fig.3 eine axial gesehen ringförmige äußere Feldeinrichtung, deren luftspaltbegrenzende Innenfläche durch axial ausgerichtete Permanentmagnete gebildet wird. Im scheibenförmigen Teil der Luftspalte 4 sind die magnetischen Pole 27 Teil des 1. scheibenförmigen Körpers, in dem sie auf einer Rückschlußscheibe, axial gesehen, beidseitig angebracht sind. Der 2. scheibenförmige Körper 7 besteht in diesem Bereich aus jeweils einer Rückschlußscheibe. Um den 1. scheibenförmigen Körper 6 sind Spulen 3 angeordnet.

Fig.5 zeigt eine Abwandlung der elektrischen Maschine aus Fig. 3, deren 1. scheibenförmiger Körper 6 eine Rückschlußscheibe ist. Die Besonderheit hier ist, daß die äußere Feldeinrichtung mit einem ringförmigen Träger 5 den 1. scheibenförmigen Körper 6 vollkommen umgibt, so daß sich ein einziger geschlossener Luftspalt ergibt, dessen luftspaltbegrenzende Flächen der äußeren Feldeinrichtung sowohl im scheibenförmigen Teil als auch im ringförmigen Teil des Luftspaltes durch Permanentmagnete 27 begrenzt werden. Eine weitere Besonderheit ist hier, daß die Spulenhalterung 21 im achsnahen Bereich fest mit der Spule bzw.

11 21 12 99

Wicklung axial verbunden ist. Voraussetzung dafür ist, daß der rechte 2. scheibenförmige Körper ein Scheibenring ist.

Fig.6 zeigt eine Weiterbildung einer elektrischen Maschine, die aus zwei Maschinen mit jeweils drei Scheiben derart auf einer gemeinsamen Welle 1 zusammengesetzt ist, daß zwischen den Spulen zwei äußere Feldeinrichtungen zu einer gemeinsamen zusammengefaßt sind. Die gemeinsame äußere Feldeinrichtung ist eine Magnetscheibe 23, die axial magnetisiert ist. Durch diese Zusammensetzung der beiden Maschinen spart man insgesamt eine Magnetscheibe. Die beiden äußeren Scheiben der Gesamtmaschine bestehen aus Rückschlußscheiben, die zum Luftspalt hin mit z.B. kreissegmentförmigen Permanentmagneten 27 bestückt sind. Sich gegenüberliegende Magneten dieser äußeren Scheiben sind ertgegengesetzt magnetisiert. Die Spulenhalterungen 21 sind hier im Umfangsbereich der Spulen radial angebracht.

Fig.7 zeigt eine Weiterbildung einer elektrischen Maschine, die wie in Fig.6 aus zwei Maschinen so auf einer gemeinsamen Welle 1 (oder Achse) zusammengesetzt ist, daß zwischen den Spulen eine gemeinsame äußere Feldeinrichtung 7 eingeschlossen ist. Die gemeinsame Scheibe ist eine Rückschlußscheibe, die auf beiden Scheibenflächen mit Magneten 27 besetzt ist. Die Spulenhalterungen 21 sind hier im Umfangsbereich der Spulen radial angebracht.

Fig.8 zeigt eine Weiterbildung einer elektrischen Maschine mit Spulen 3, die im Achsbereich überlappend angebracht sind und in den vom Feld durchdrungenen Luftspalten einschichtig verlaufen. Der 1. scheibenförmige Körper 6 ist eine Rückschlußscheibe. Der 2. scheibenförmige Körper 7 ist jeweils eine Rückschlußscheibe mit Permanentmagneten, wobei die Permanentmagneten die Luftspalte nach außen begrenzen. Die Spulenhalterung 21 ist im Umfangsbereich der Spule radial angebracht.

11.12.99

Fig.9 zeigt die Weiterbildung der elektrischen Maschine gemäß Fig.8 im Radialschnitt. Zu sehen ist die Verteilung der Spulen 3 über den Umfang des 1. scheibenförmigen Körpers 6 und die gestrichelt angedeuteten kreissegmentförmigen Permanentmagnete 27, die in Bewegungsrichtung alternierend die innere Kreisfläche des 2. scheibenförmigen Körpers mit Ausnahme des achsnahen Wickelkopfbereiches bedecken.

Fig.10 zeigt eine Weiterbildung der elektrischen Maschine als Gleichstrommaschine mit mechanischer Kommutierung im Radialschnitt, der im vorderen Luftspalt zwischen 2. scheibenförmigen Körper und der Wicklung gezogen wurde. Die Spulen sind überlappend angeordnet, wobei die Überlappungen im feldfreien Axialbereich mehrfach und im vom Feld durchdrungenen Luftspaltbereich zweilagig ist. Die Spulenweite 14, so wie eine Magnetweite 12, umfaßt fünf Kollektorschritte. Die Magnete 27 sind kreissegmentförmig und auf den Innenflächen des 2. scheibenförmigen Körpers dicht nebeneinanderliegend, in Bewegungsrichtung alternierend angeordnet. In der Mitte ist der Kollektor 25 mit radialen Lamellen angedeutet, der fest mit der Wicklung verbunden ist, was der Übersichtlichkeit wegen hier nicht eingezeichnet ist. Die Spulen werden bei dieser Ausführung vorzugsweise im Umfangsbereich gehalten. Die in den Luftspalten überlappenden Schleifen- spulen sind über den Kollektor miteinander verbunden, so daß sich vier Stränge mit jeweils sechs Schleifenspulen bilden. Die Maschine ist sechspolig in einem Luftspalt und umfaßt so sechs Schleifkontakte. Diese oder eine ähnliche Ausführung der Maschine ist als mechanisch kommutierter Spulenläufer für Stellaufgaben eines Servomotors hervorragend geeignet. Elektronisch kommutiert ist die Spulenanordnung hervorragend als äußerst verschleißarmer Fahrzeugantriebsmotor geeignet. In diesem Fall wird die Wicklung zu vier Strängen mit sechs Spulen verschaltet.

Fig.11 zeigt ein Prinzipbild einer Spulenführung als eine Weiterbildung für elektrische Maschine in perspektivischer Darstellung. Hier sind die V-förmigen Spulenteile als Wellenwicklung

miteinander verbunden. Die Besonderheit ist, daß die Wellenwicklung nur etwa über einen Halbkreis des 1. scheibenförmigen Körpers 6 verläuft, indem die Wicklung nahezu über den Durchmesser des 1. scheibenförmigen Körpers verlaufend geschlossen wird. Dieser Spulenverlauf wird dann vorzugsweise als Leiterbündel ausgeführt. Die Magnet- und die Feldanordnung entsprechen der von Schleifenspulen. Bei der Abbildung wurde nur der 1. scheibenförmige Körper 6 dargestellt, um den Spulenverlauf zu verdeutlichen.

Fig.12 zeigt eine Weiterbildung als elektrischen Maschine mit Durchmesserwicklung im axialen Schnitt. Die Spule 3 ist als Durchmesserwicklung um den 1. scheibenförmigen Körper 6, der als Rückschluß ausgeführt ist, herumgefaltet. Eine weitere Besonderheit hier ist, daß die Lagerung und der Verlauf der Achse 24 nur einseitig von dem 1. scheibenförmigen Körper 6 ist und daß der Umfangsbereich 18 der Spule vom Feld durchdrungen ist und die Spulenhaltung der Achse 24 gegenüberliegt. Die Spule muß nur in einem scheibenförmigen Luftspaltbereich an der Achse vorbeigeführt werden. Im anderen scheibenförmigen Luftspaltbereich verläuft sie direkt über oder neben dem Durchmesser.

Fig.13 zeigt die Weiterbildung der elektrischen Maschine gemäß Fig.12 als Scheibenmaschine im Radialschnitt. Sichtbar ist hier die Achsdurchführung durch die Wicklung, wobei die Leiter durch die Achse von ihrem Idealverlauf abweichen. In gestrichelter Form ist der ideale (radiale) Verlauf der Wicklung im nicht sichtbaren Luftspalt angedeutet. Das Magnetsystem ist zweipolig pro Luftspalt ausgeführt, was durch die Magnete 27 des 2. scheibenförmigen Körpers des hinteren Luftspaltes ersichtlich ist.

Fig.14 zeigt eine Anwendung als elektronisch kommutierter Scheibenmotor im Radialschnitt. Die Spulen 3 sind dicht aneinanderliegend gleichmäßig über den Umfang des 1. scheibenförmigen Körpers 6 verteilt. Die Wicklung ist dreisträngig mit jeweils zwei Spulen aufgebaut und innerhalb eines Luftspaltes ist das

Feld achtpolig. Zwei Sensoren 17 sind im Spulenbereich eingeführt. Die segmentförmigen Magnete des hinteren Luftspaltes sind in gestrichelter Form sichtbar gemacht. Dieser Motor hat ein hohes Drehmoment und geringste Gleichlaufschwankungen.

Fig.15 zeigt eine Anwendung als elektronisch kommutierter Scheibenmotor gemäß Fig.14. Die Spule ist um den 1. scheibenförmigen Körper 6 gefaltet, die als Rückschlußscheibe ausgeführt ist. Der äußere scheibenförmige Körper 7 beinhaltet Permanentmagnete 27. Zwei Sensoren 17 sind in dem vom Feld durchdrungenen Wicklungsbereich eingeführt und gestrichelt angedeutet. Desweiteren ist eine Regelelektronik außerhalb der Feldeinrichtung ersichtlich. Die Spulen werden im Umfangsbereich gehalten.

Fig.16 zeigt einen 2. scheibenförmigen Körper, auf dem verschieden gestaltete Permanentmagnete angebracht sind. Es versteht sich, daß bei einer Ausführung immer untereinander gleiche Magnete alternierend als S- und N-Pol angebracht werden.

Fig.17 zeigt eine Weiterbildung der elektrischen Maschine, in der die Welle 1 in der Mitte den 1. scheibenförmigen Körper 6 trägt, der Magnete 27 beinhaltet, und auf beiden Seiten davon je einen 2. scheibenförmigen Körper 7, der ebenfalls Magnete 27 beinhaltet. Der linke 2. scheibenförmige Körper 7 trägt einen ringförmigen Träger 5 mit Magneten. Die Spule 3 ist um den 1. scheibenförmigen Körper 6 herumgebogen und trägt am äußeren Umfang die Spulenhalterung 21.

Fig. 18. zeigt eine Weiterbildung der elektrischen Maschine aus Fig. 3, in der der 1. scheibenförmige Körper 6 in der Mitte auf einer Welle 1 sitzt, beidseitig Magnete 27 aufweist und auf beiden Seiten von 2. scheibenförmigen Körpern 7 umgrenzt ist, wobei in dem Spalt dazwischen die Spule 3 angebracht ist.

Fig.19 unterscheidet sich von Fig.18 dadurch, daß der 1. scheibenförmige Körper 6 nur einseitig Magnete 27 beinhaltet, und daß

11 21 12 00

ein rechter 2. scheibenförmiger Körper 7 ebenfalls Magnete 27 beinhaltet, wobei der 1. scheibenförmige Körper 6 links eine Rückschlußscheibe ist. Die Spule 3 ist um den 1. scheibenförmigen Körper herumgebogen.

Fig.20 zeigt eine Weiterbildung, bei der die 2. scheibenförmigen Körper im Umfangsbereich nach innen gebogen sind und dem Spulenverlauf bis zur radial angebrachten Spulenhalterung folgen. Die 2. scheibenförmigen Körper bestehen aus magnetischen Polen mit hinterlegtem Rückschluß. Die Magnete sind im Umfangsbereich so magnetisiert, daß die Feldlinien auch hier rechtwinklig in den Luftspalt austreten. Der 1. scheibenförmige Körper ist eine Rückschlußscheibe.

Fig. 21 zeigt den gleichen Scheibenverlauf wie Fig. 20, jedoch besteht hier der 2. scheibenförmige Körper aus einem Rückschluß und der 1. scheibenförmige Körper aus einer Rückschlußscheibe mit magnetischen Polen, die beidseitig und über den Umfangsbereich hinausragen, wobei die magnetischen Pole so magnetisiert sind, daß die Feldlinien auch im Umfangsbereich aus dem Magnetmaterial heraus rechtwinklig in den Luftspalt eintreten.

Fig.22 und Fig.23 zeigen eine Ausführung mit einem Scheibenring 8, der an seinem äußeren Umfang gabelförmig in drei ringförmigen Körpern endet, die verbunden sind, wobei die beiden äußeren an ihren Innenseiten Magnete 27 tragen. Der Scheibenring 8 sitzt auf einer Welle 1, und der 1. ringförmige Körper ist von der Spule 3 umgeben.

Figuren 24 bis 26 zeigen unterschiedliche Ausgestaltungen der Randbereiche der 1. und 2. scheibenförmigen Körper 6,7, wobei der innenliegende Körper 6 von der Spule 3 umgeben ist, die axial außen die Spulenhalterung 21 aufweist. Bei allen drei Ausführungen ist der ringförmige Träger 5 an dem linken 2. scheibenförmigen Körper 7 angebracht. Magnete 27 gehören sowohl zum linken als auch zum rechten 2. scheibenförmigen Körper 7,

M 11.12.99

während der 1. scheibenförmige Körper 6 keine, nur einseitig angebrachte oder beidseitig angebrachte Magneten 27 aufweist und in seinem äußeren Randbereich verschieden abgerundet ist (auch winkel- und T-förmig), um einen günstigen Verlauf von Feldlinien zu erreichen, die durch Linien durch die Spule 3 angedeutet sind.

M 21.12.99

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine mit einer Welle (1) oder Achse (24), auf der koaxial und voneinander beabstandet mindestens drei scheibenförmige Körper (6,7) jeweils als Scheibe oder Scheibenring (8) angeordnet sind, wobei diese vorwiegend aus ferromagnetischem Material oder aus magnetischen Polen und ferromagnetischem Material oder aus magnetischen Polen bestehen, wobei jeweils ein 1. scheibenförmiger Körper (6) zu einem 2. scheibenförmigen Körper (7) benachbart angeordnet ist, und wobei mindestens eine der einander zugewandten Seiten des 1. und 2. scheibenförmigen Körpers (6,7) mit magnetischen Polen (27) mit axialer Magnetisierungsrichtung versehen ist, deren Pole in Umfangsrichtung wechseln, und mit einem Gehäuse (2), welches die scheibenförmigen Körper (6,7) umgibt, wobei an dem Gehäuse (2) oder an der Achse (24) oder Welle (1) mindestens eine Spule (3) oder Wicklung (29) befestigt ist, deren Leiter sich auf den beiden Seiten des 1. scheibenförmigen Körpers (6) jeweils zwischen zwei scheibenförmigen Körpern in Richtung der Welle (1) oder Achse (24) gesehen allgemein V-förmig erstrecken, wobei die Leiter um die äußere Kante des 1. scheibenförmigen Körpers (6) herumgebogen oder herumgefaltet sind, im Feldbereich gleichmäßig beabstandet von dem 1. scheibenförmigen Körper (6) und dem 2. scheibenförmigen Körper (7) verlaufen, wobei die 1. und 2. scheibenförmigen Körper gleichförmig miteinander und relativ zu der mindestens einen Spule (3) oder Wicklung (29) drehbar sind.
2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Welle (1) drehbar in dem Gehäuse (2) gelagert ist und die 1. und 2. scheibenförmigen Körper (6,7) kreisrund und fest mit der Welle (1) verbunden sind, daß die mindestens eine Spule (3) an dem Gehäuse (2) befestigt ist, daß der 1. scheibenförmige Körper (6) eine Scheibe mit gleichmäßiger Dicke ist, und daß die magnetischen Pole (27) mindestens zum 2. scheibenförmigen Körper (7) gehören.

11.12.99

3. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Schenkel der V-Form sich im Wesentlichen in radialer Richtung erstrecken.
4. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die magnetischen Pole (27) durch Permanentmagnete gebildet sind.
5. Elektrische Maschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der 2. scheibenförmige Körper (7) aus Permanentmagneten (27) besteht, die auf einer ferromagnetischen Scheibe unter Aussparung einer Fläche für die Befestigung auf der Welle (1) als Einzelmagnete vollflächig befestigt sind, oder als Permanentmagnetscheibe ausgebildet ist, die segmentförmig magnetisiert ist.
6. Elektrische Maschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Permanentmagnete (27) unter Aussparung einer Fläche für die Befestigung auf der Welle (1) voneinander beabstandet angeordnet sind.
7. Elektrische Maschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Permanentmagnete (27) in Richtung der Welle (1) oder Achse (24) gesehen den Umriß eines Kreises oder eines Rechtecks oder eines Trapezes oder Kreissegments aufweisen.
8. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der 2. scheibenförmige Körper als Permanentmagnetscheibe ausgebildet ist.
9. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß in radialer Richtung von der äußeren Kante (10) des 1. scheibenförmigen Körpers (6) und dem umgebogenen Bereich (20) der mindestens einen Spule (3) beabstandet weitere magnetische Pole angeordnet sind, die

11.21.12.99

in Umfangsrichtung wechseln, und die in Richtung der Welle (1) oder Achse (24) gesehen die Form von Ringsegmenten mit bevorzugt radialer Magnetisierungsrichtung aufweisen, wobei sie auf der Innenseite eines ringförmigen Trägers (5) befestigt sind, der an einem 2. scheibenförmigen Körper (7) oder mehreren befestigt ist.

10. Elektrische Maschine nach Anspruche 9, dadurch gekennzeichnet, daß die dem ringförmigen Träger (5) zugewandte Kante des 1. scheibenförmigen Körpers abgerundet ist oder einen abgerundeten ringförmigen Ansatz trägt.
11. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Fläche des magnetischen Pols (27) auf einem oder beiden scheibenförmigen Körpern (6,7) etwa der Fläche der benachbarten Spule (3) entspricht.
12. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die V-förmigen Spulenteile einer Spule (3) in einem Luftspalt (4) mit den in der Drehrichtung versetzten V-förmigen Spulenteilen einer Spule in einem benachbarten Luftspalt verbunden sind.
13. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die V-förmigen Spulenteile einer Spule (3) in einem Luftspalt (4) auf der einen Seite eines 1. scheibenförmigen Körpers (6) deckungsgleich mit den V-förmigen Spulenteilen derselben Spule auf der anderen Seite des 1. scheibenförmigen Körpers (6) angeordnet sind.
14. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die V-förmigen Spulenteile einer Spule (3) in einem Luftspalt (4) nebeneinander oder einander überlappend angeordnet sind.

15. Elektrische Maschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Befestigung der Spulen (3) radial oder axial an deren Umfangsbereich oder nahe der Achse (24) oder Welle (1) axial angeordnet ist.
16. Elektrische Maschine nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklung in einem Luftspalt (4) n Pole umfaßt, wobei $n = 3 + 2m$ ist, wobei m eine ganze Zahl (0,1,2,...) ist und die Wicklung nur einen Teil der 1.Scheibe umfaßt.
17. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb eines Luftspalts (4) die Anzahl der nebeneinander liegenden Spulen (3) kleiner ist als die Anzahl der magnetischen Pole.

M 21.12.99

Zusammenfassung

Elektrische Maschine mit einer Welle (1) oder Achse (24), auf der coaxial und voneinander beabstandet mindestens drei scheibenförmige Körper (6,7) angeordnet sind. Diese bestehen vorwiegend aus ferromagnetischem Material oder aus magnetischen Polen und ferromagnetischem Material oder aus magnetischen Polen, wobei jeweils ein 1. scheibenförmiger Körper (6) zu einem 2. scheibenförmigen Körper (7) benachbart angeordnet ist, und wobei mindestens eine der einander zugewandten Seiten dieser Körper (6,7) mit magnetischen Polen (27) versehen ist, deren Pole in Umfangsrichtung wechseln. Die Maschine hat ein Gehäuse (2), welches die scheibenförmigen Körper (6,7) umgibt, wobei an dem Gehäuse (2) oder an der Achse (24) mindestens eine Spule (3) oder Wicklung (29) befestigt ist, deren Leiter sich auf den beiden Seiten des 1. scheibenförmigen Körpers (6) jeweils zwischen zwei scheibenförmigen Körpern in Richtung der Welle (1) gesehen allgemein V-förmig erstrecken. Die Leiter sind um die äußere Kante des 1. scheibenförmigen Körpers (6) herumgebogen oder gefaltet, verlaufen im Feldbereich gleichmäßig beabstandet von dem 1. Körpern (6,7), wobei diese gleichförmig miteinander und relativ zu der mindestens einen Spule (3) oder Wicklung (29) drehbar sind.

(Figur zur Zusammenfassung : Fig. 1)

M 21.10.99

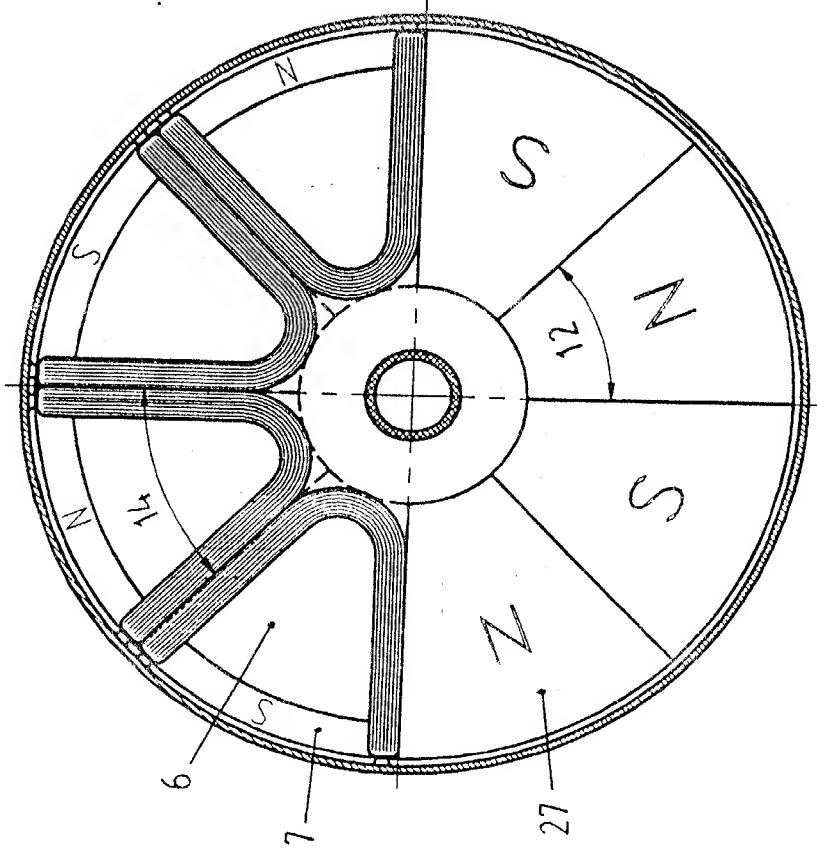


Fig. 2

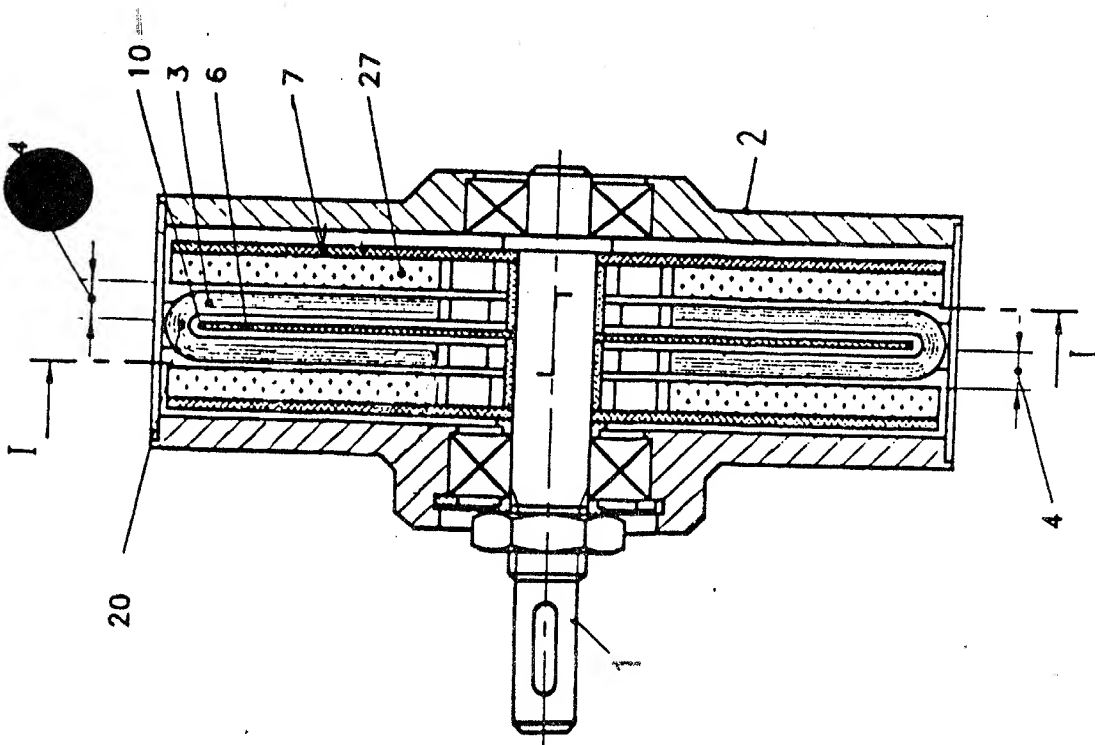


Fig. 1

4,291,129

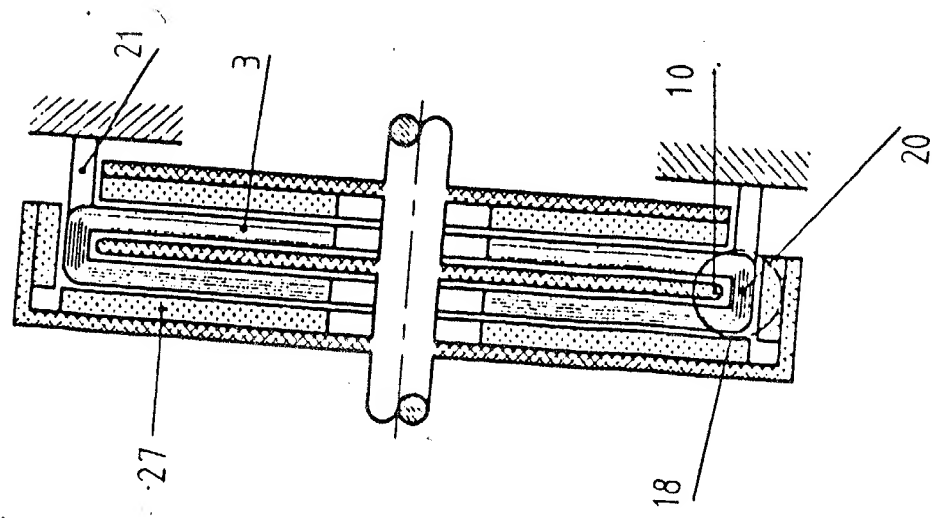


Fig. 3

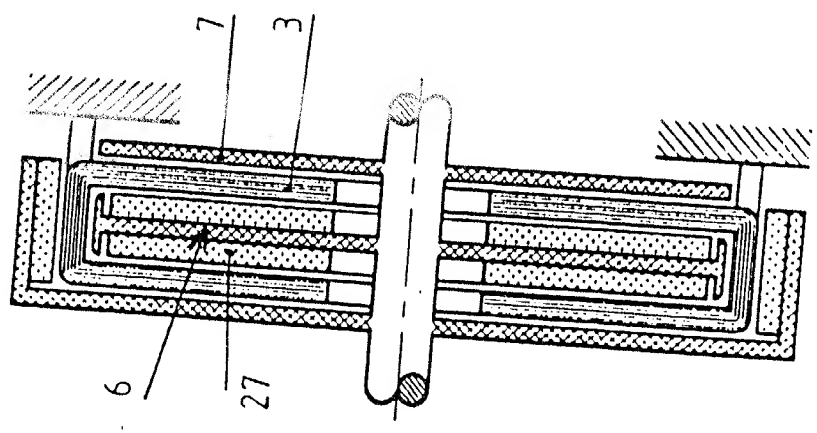


Fig. 4

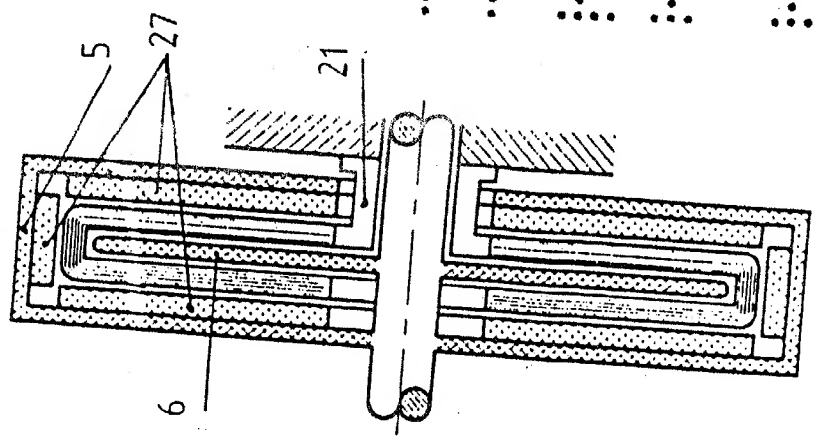


Fig. 5

41.12.99

Fig. 7

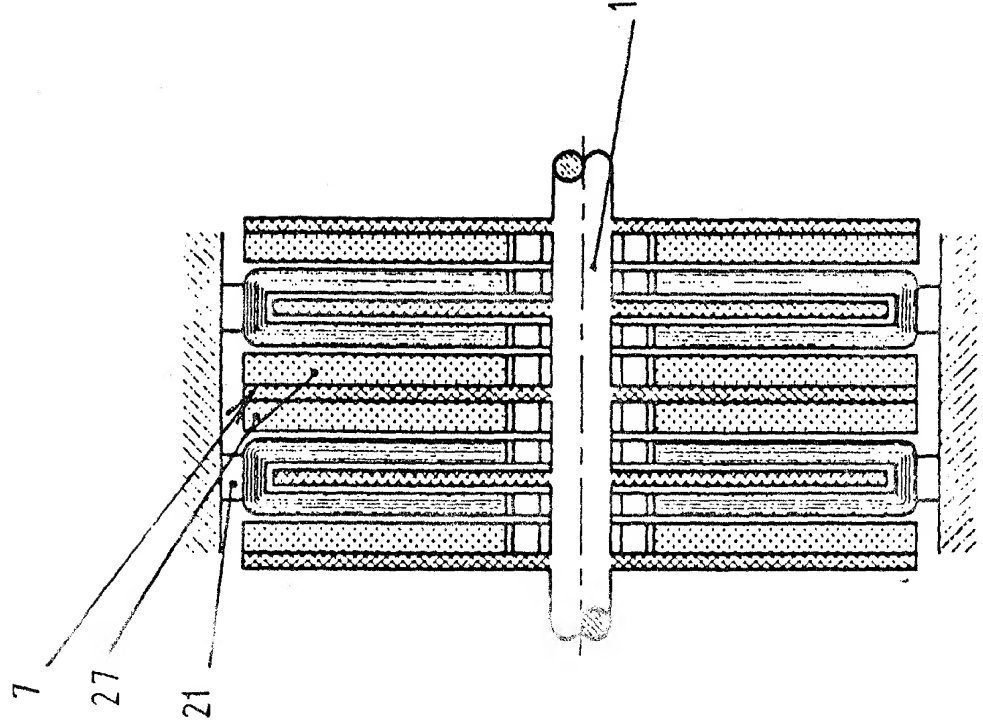
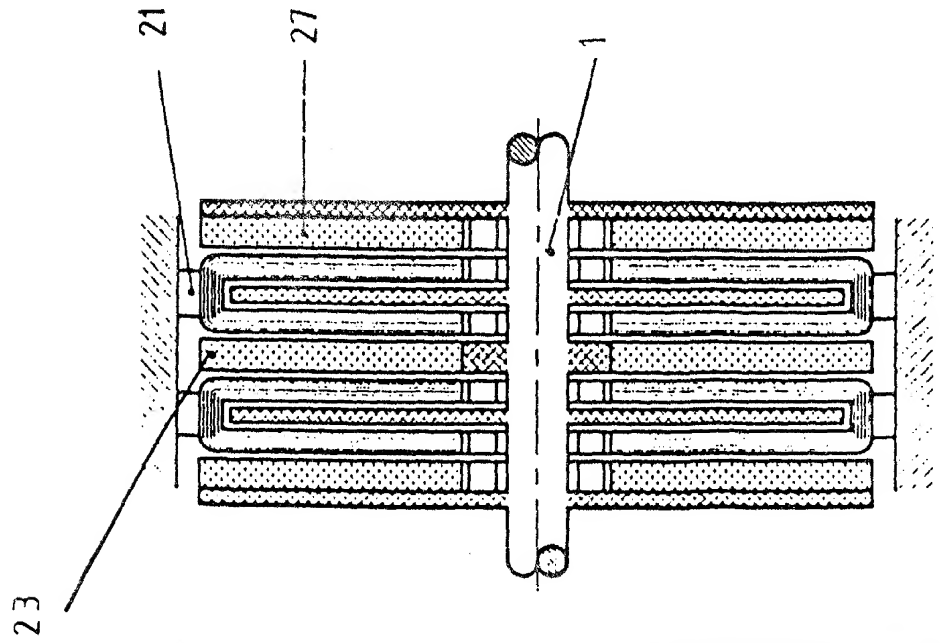


Fig. 6



M 21 12 99

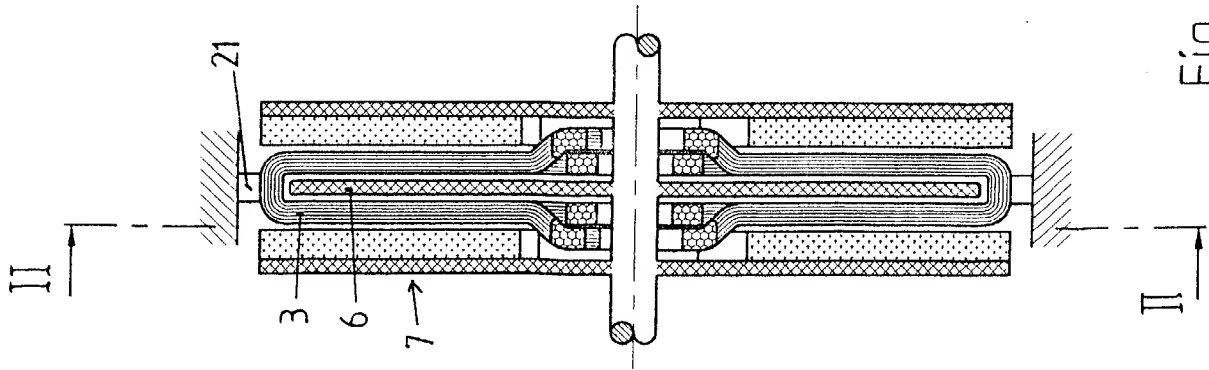


Fig. 8

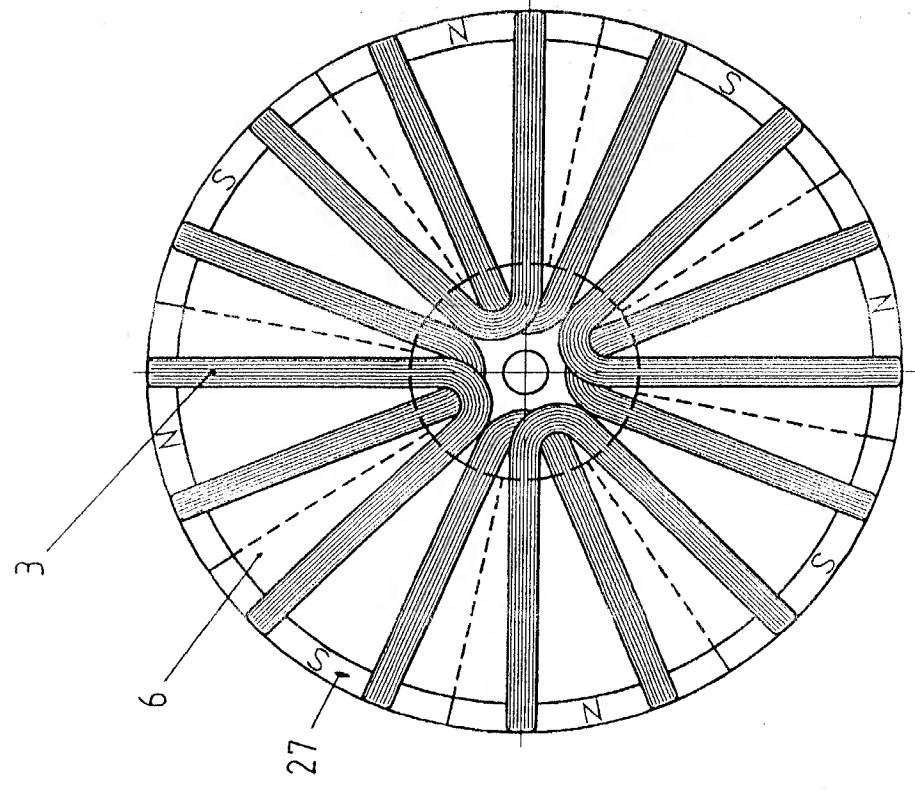


Fig. 9

M 20.10.99

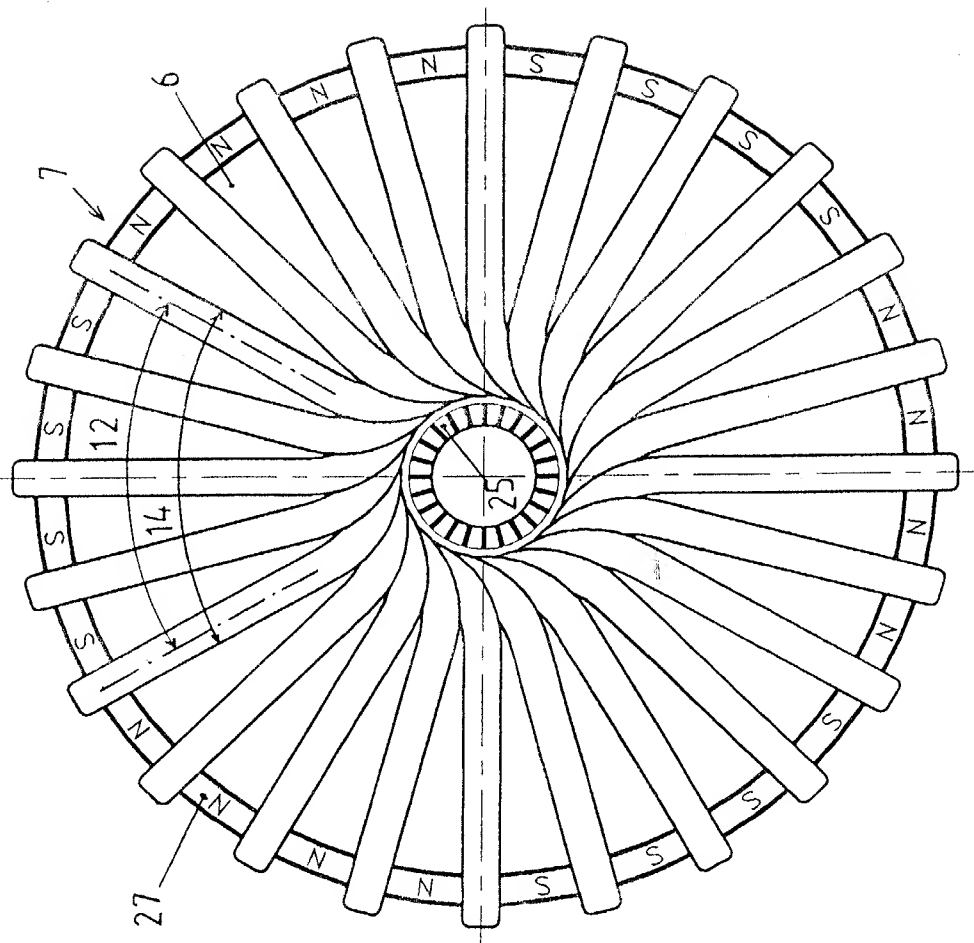


Fig. 10

M 21 12 99

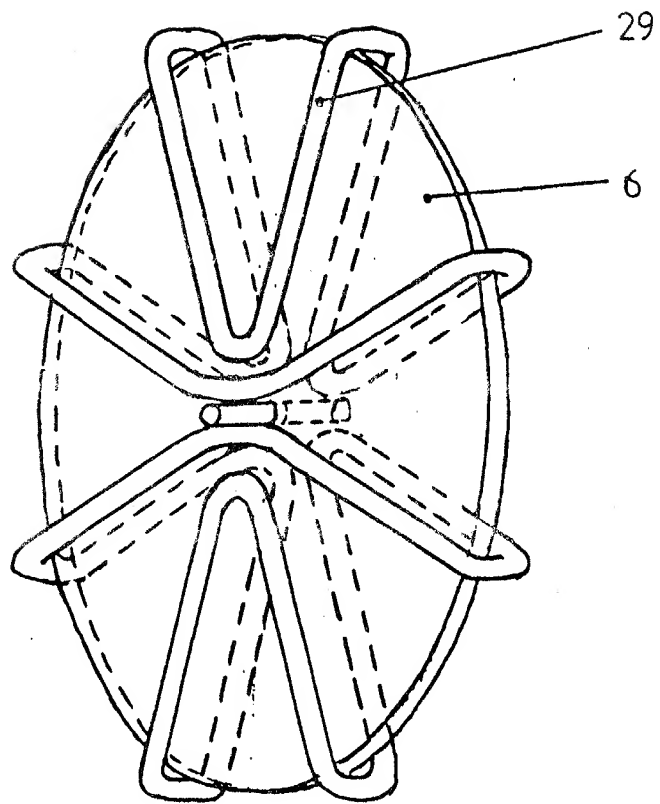


Fig. 11

M 25. 12. 99

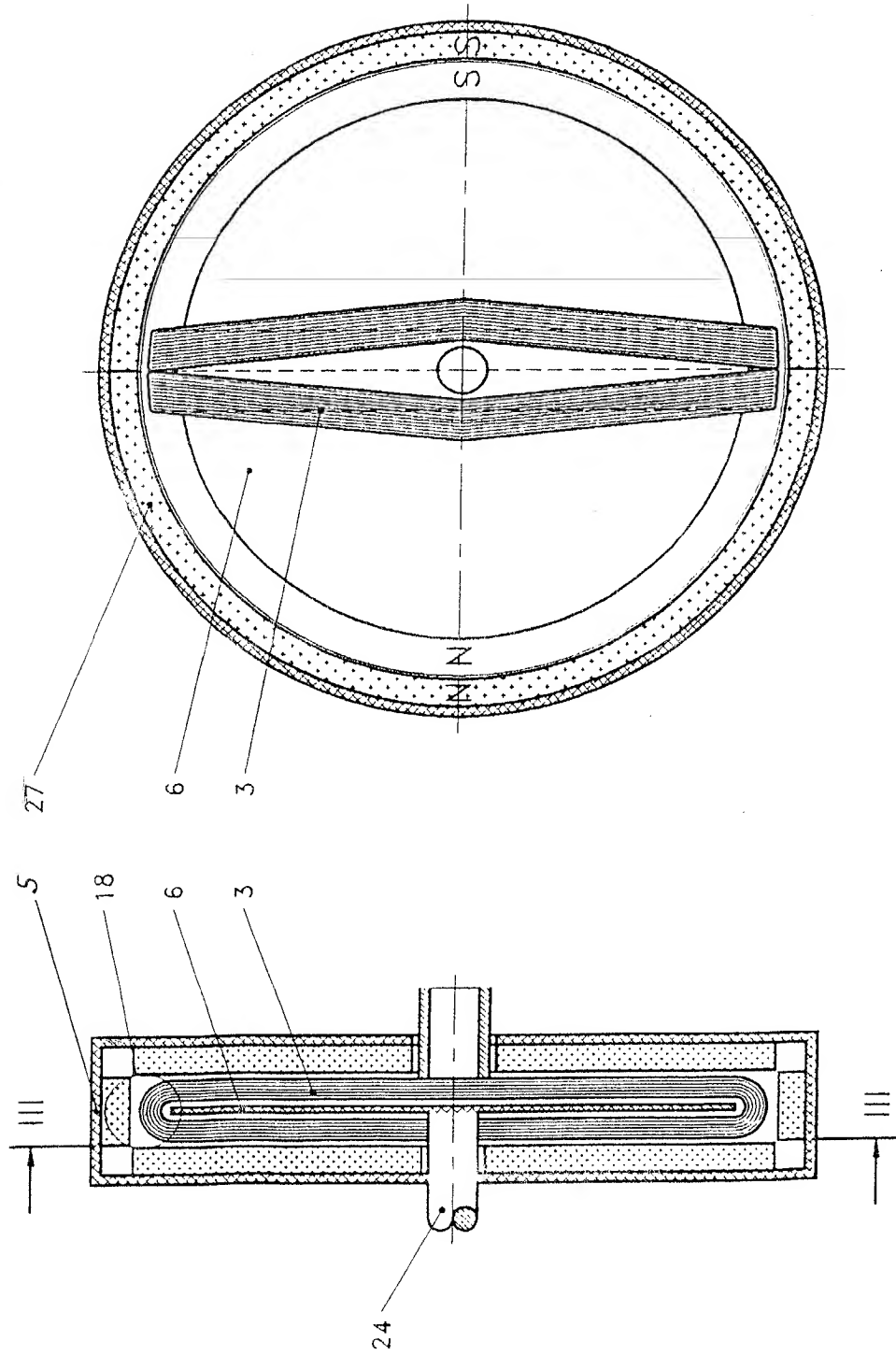


Fig. 13

Fig. 12

M 21 10 88

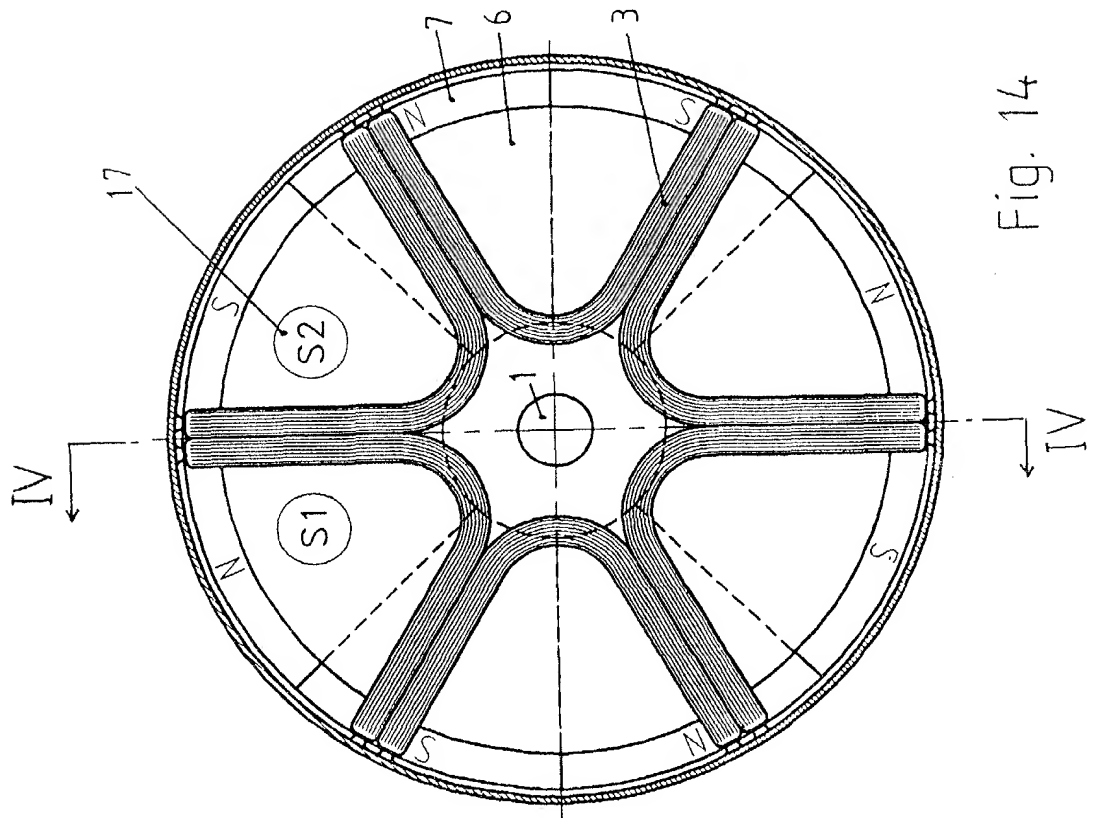


Fig. 14

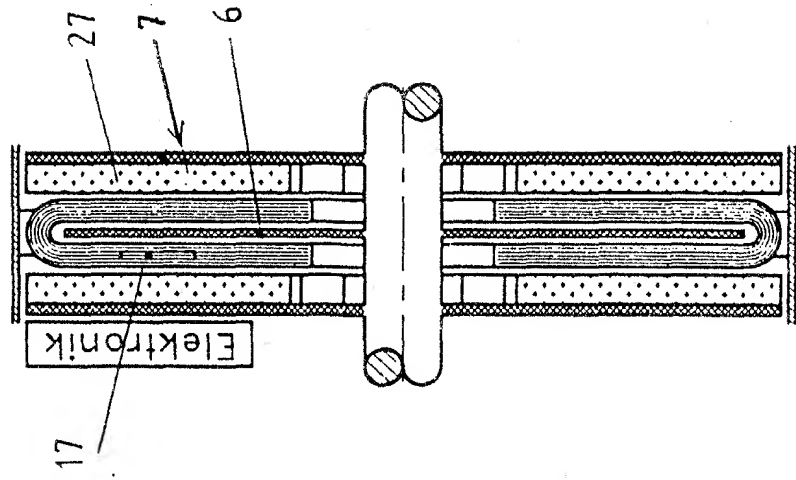


Fig. 15

M 24.12.99

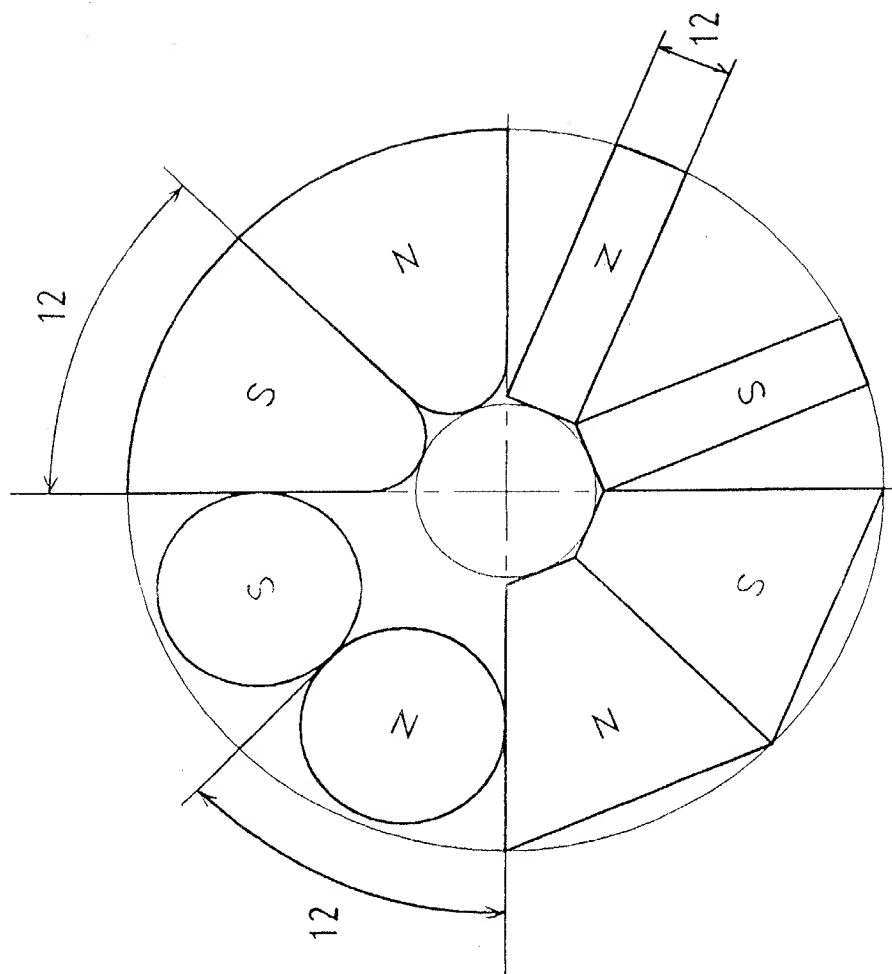


Fig. 16

M 21 12 99

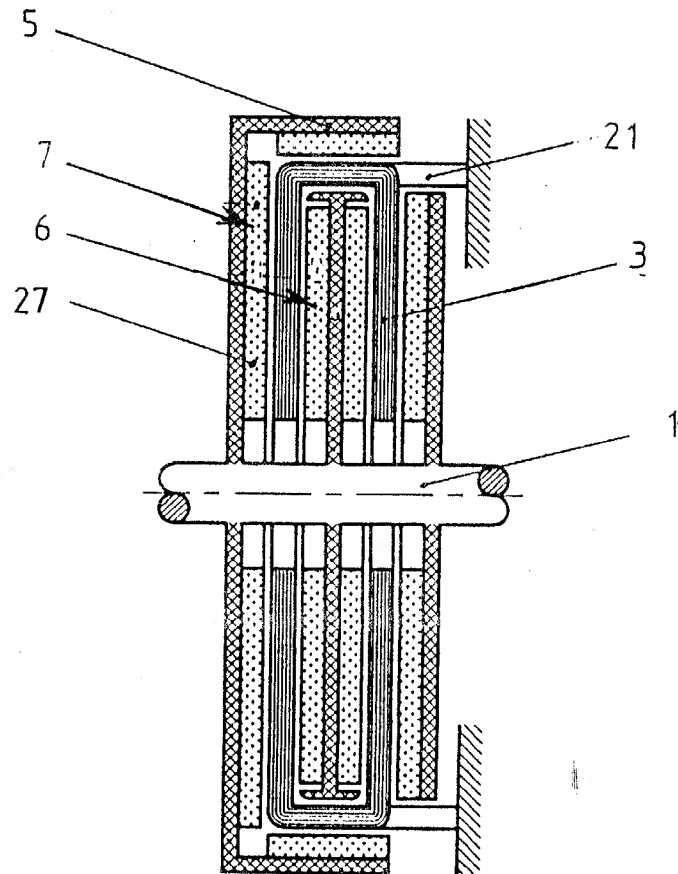


Fig. 17

M 20 · 12 · 99

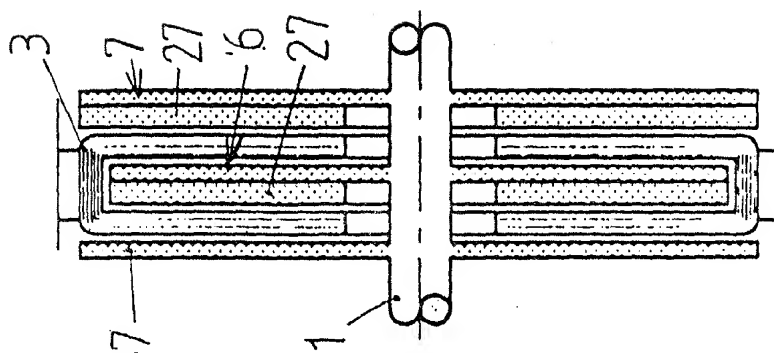


Fig. 19

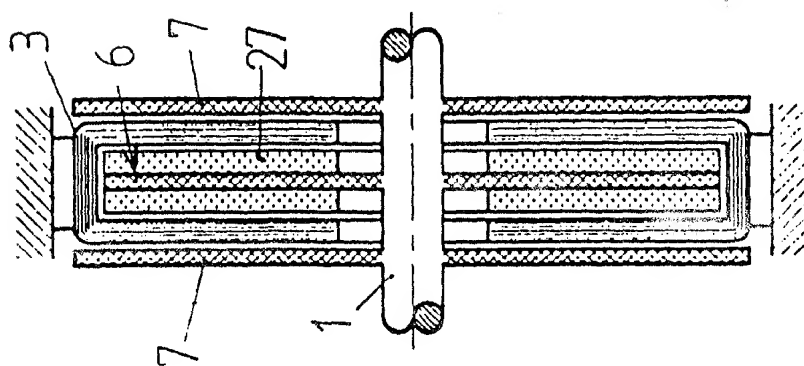


Fig. 18

7,210,93

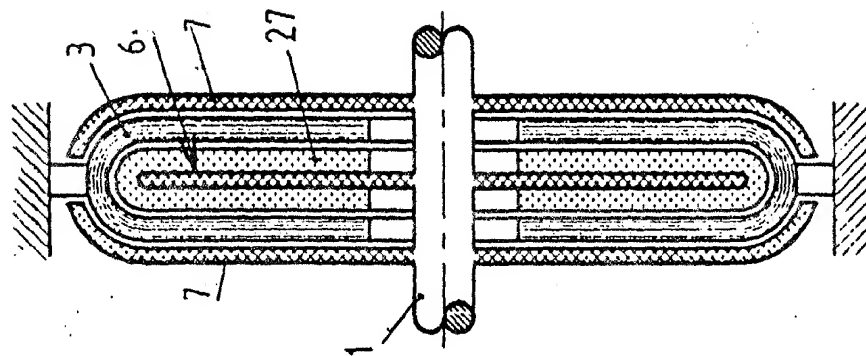


Fig. 21

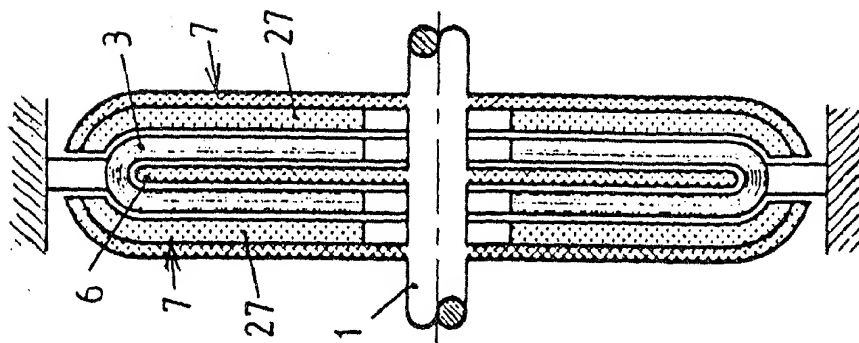


Fig. 20

M 20 10 99

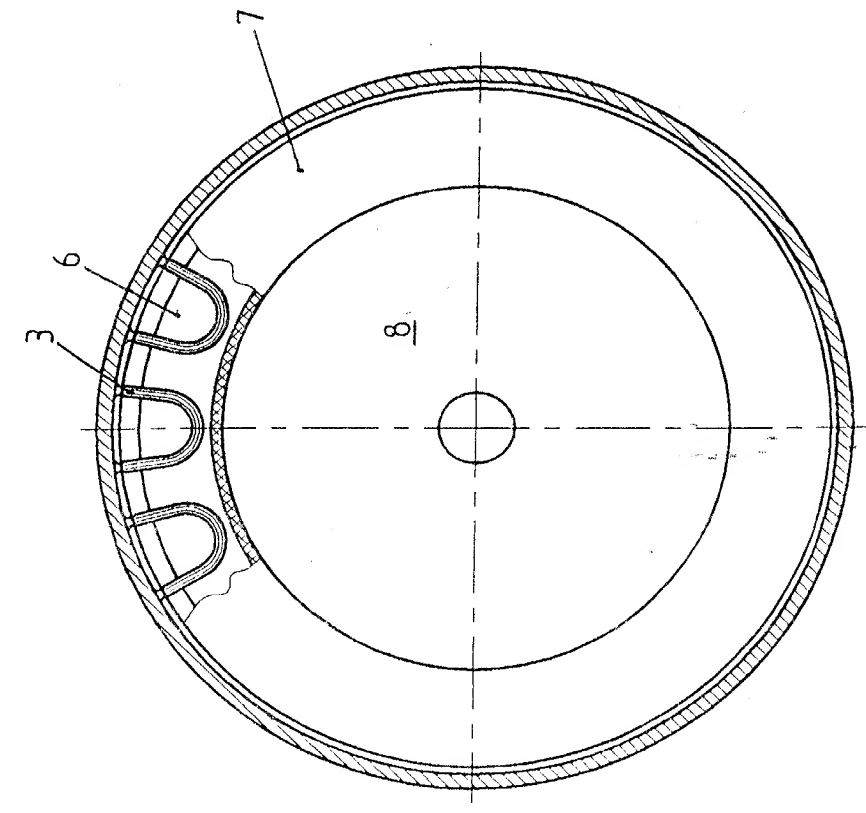


Fig. 22

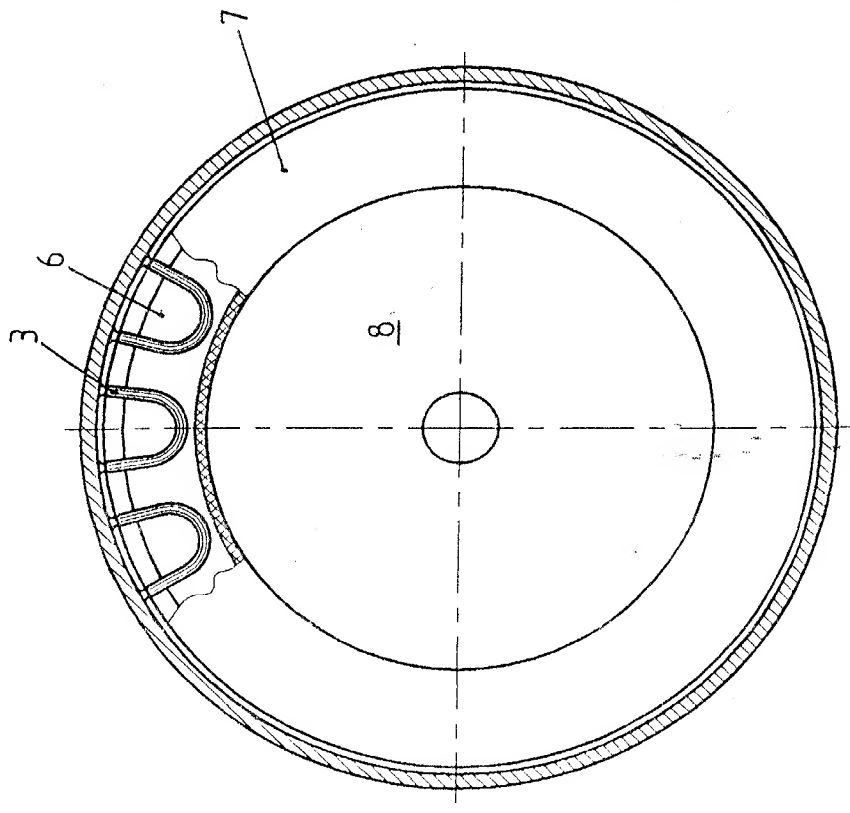


Fig. 23

M 21 10 99

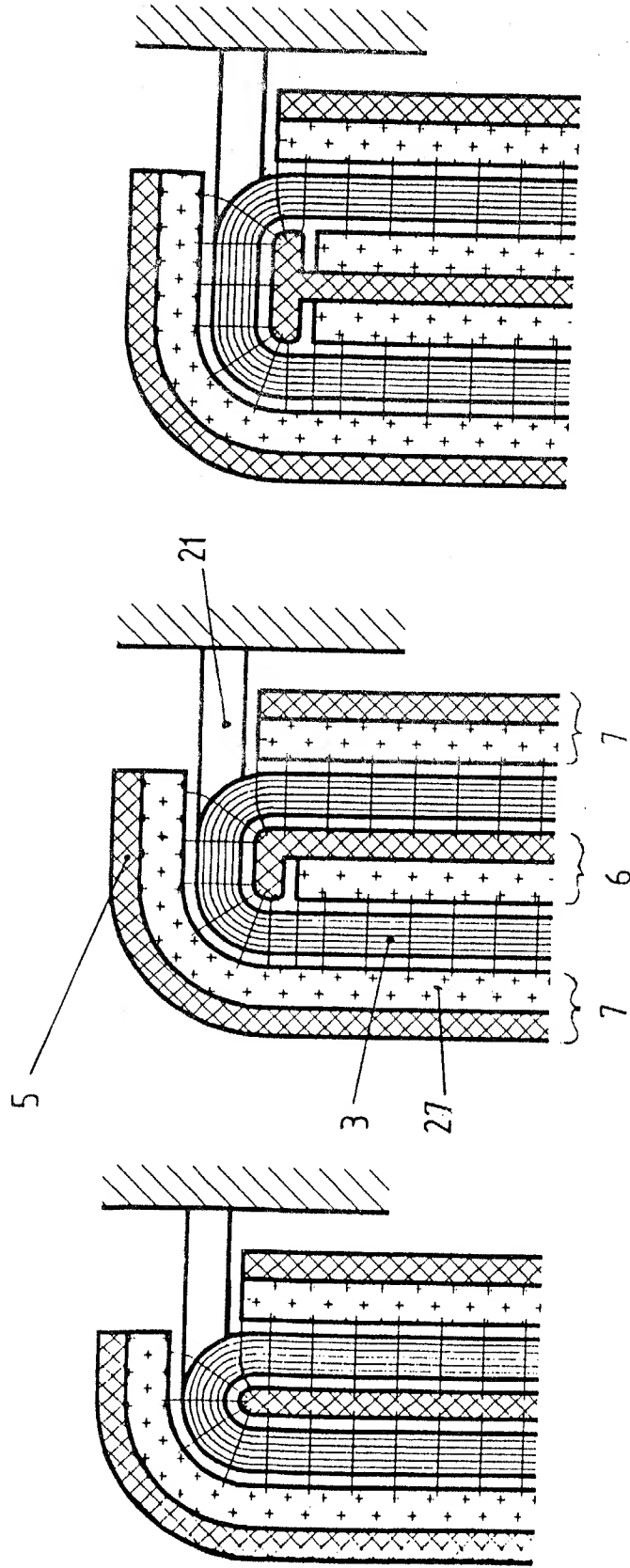


Fig. 24

Fig. 25

Fig. 26